

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد-تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الارض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de  
l'Univers  
Département d'Agronomie



# MÉMOIRE

Présentées par

MEKSALI Abir  
BENDI SARI Kawther Soumicha

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En Nutrition et pathologie

## Thème

Impact des protéines du lait camelin sur les paramètres du  
profil lipidique au cours du diabète

Soutenu le 02/06/2024, devant le jury composé de :

Présidente MOKHTARI-SOULIMANE NASSIMA Professeur, Université de Tlemcen

Examinatrice SAKER MERIEM Professeur, Université de Tlemcen

Encadrant BEKHTI SARI FADIA Maître de Conférences, Université de Tlemcen

**Année universitaire 2023/2024**

## *Remerciements*

*Tout d'abord, Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance envers Dieu de nous avoir accordé la force, le courage, la persévérance et les ressources nécessaires pour mener à bien ce mémoire de fin d'études.*

*Nous voudrions commencer par exprimer notre profonde gratitude envers notre encadrant Mme BEKHTI SARI Fadia . Votre soutien, votre expertise, votre dévouement et votre patience ont été des éléments clés de notre réussite.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciement et notre gratitude envers professeur SAKKER MERIEM et professeur MOKHTARI-SOULIMANE NASSIMA pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger et d'examiner ce travail. Nous vous exprimons nos profonds respects.*

*Nos remerciements s'adressent également à la doctorante RIGHI HALIMA pour son aide si précieuse, sa patience, et pour sa gentillesse. Nous sommes reconnaissantes envers ta contribution.*

*Enfin, Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements à tous les professeurs de l'université Abou Bekr Belkaid département de biologie de d'agronomie qui ont contribué à notre parcours académique.*



# Dédicace

Au profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

## À MA CHÈRE MÈRE

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, ta bienveillance me guide et ta présence à ma coté a toujours été ma source de force pour affronter obstacles.

## À MON TRÈS CHER PÈRE

Tu as toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À mon cher frère MOHAMED et mes belles sœurs FADILA, HAYEM et son mari AMINE, et ses filles AMANI et SAJA, qui m'ont soutenu et encouragé de loin et pour tout leur amour.

À mes cousines HALIMA et LOUBNA, et tous mes tantes et oncles, pour leurs encouragements.

À tous la famille MEKSALI et DEROUICHE.

À mes amies EL BATOUL, FERIEL, HADJER et SAMIA, merci énormément pour ton soutien plus que précieux.

ABIR



# Dédicace

*À celle, que J'aime le plus au monde, symbole de bonté,  
d'affection, de sagesse et de fierté, source de tendresse, mon  
exemple dans la vie, la bougie de ma vie, ma mère*

*ﻫﺘﻰ ﺩﺍﺗﻰ ﻓﻰ*

*À celui qui m'a donné la force et le courage, à celui qui a  
tellement sacrifié pour moi, et m'a fourni toute la confiance et  
les conseils durant toutes les années de ma formation mon*

*père : ﻫﺘﻰ ﻓﻰ ﺩ.*

*À mon mari : Walid*

*a ma douce fille: sama ghina*

*À mes chers frères et sœurs .Que la solidarité fraternelle que  
nous cultivons depuis toujours ne s'estompe jamais : Moncef ,*

*Younes , Ikhlassa et mon petit Khalil.*

*À ma grand- mère*

*Que je souhaité une bonne sante*

*À mon beau père : Sid ahmed et ma belle mère : Yamina*

*À Tous les membres de ma famille et à tous mes chères amies.*

*À tous mes enseignants, je leur présente tout mon respect et  
ma considération.*

**KAWTHER**

## Résumé/Abstract/ ملخص

### **Résumé:**

Le lactosérum camelin est un produit dérivé du lait de chamelle. Les protéines du lactosérum camelin sont particulièrement intéressantes en raison de leur composition unique en acides aminés. Ces protéines peuvent également contenir des peptides bioactifs bénéfiques pour la santé. Notre de travail a pour objectif d'étudier l'impact des protéines du lait camelin sur le profil lipidique au cours du diabète sur trois lots de rats mâles de type Wistar (lot témoin, lot diabétique et lot diabétique avec une supplémentation des isolats de protéines du lactosérum camelin). Des paramètres sanguins sont évalués : albumine glucose, cholestérol total, HDL-C, LDL-C et les triglycérides. Dans le tissu hépatique et adipeux le cholestérol et les triglycérides sont aussi évalués. Les résultats de cette expérience ont montré que la supplémentation en isolats de protéines du lactosérum camelin chez les rats diabétiques améliore les perturbations métaboliques induites par le diabète. Parmi ces modifications : la diminution de glycémie, une diminution du cholestérol sérique, hépatique, et du tissus adipeux, une diminution de triglycérides sérique et hépatiques. Á l'issue de cette expérimentation, il est clair que les protéines de lactosérum camelin ont des effets bénéfiques remarquables sur les paramètres biochimiques et le profil lipidique au cours du diabète.

**Mot clés :** Diabète, lactosérum camelin, protéines, composés bioactifs, dyslipidémie.

**Abstract :**

Camel whey is a product derived from camel milk. Camel whey proteins are particularly interesting because of their unique amino acid composition. These proteins may also contain bioactive peptides, that can have beneficial properties on health. Our work aims to study the impact of camel milk proteins on lipid profile parameters during diabetes on three groups of male Wista rats (group control, group diabetic, group diabetic with supplementation of camel whey proteins isolates). Blood parameters are evaluated: albumin, glucose, total cholesterol, triglyceride, HDL-C, LDL-C. In liver and adipose tissue, cholesterol and triglycerides are also tested. The results of this experiment showed that supplementation with camel whey protein isolates in diabetic rats improved a metabolic perturbation induced by diabetes. These changes included: a reduction in glucose, a decrease of cholesterol in serum, liver and adipose tissue, a decrease of triglycerides in serum and liver. At the end of this experiment, it's clear that camel whey proteins have remarkable beneficial effects on biochemical parameters and lipid profile during diabete.

**Key words :** Diabetes, camel whey, proteins, bioactive compounds, dyslipidemia.

## ملخص :

مصل لبن الإبل هو منتج مشتق من حليب الإبل. بروتينات مصّل لبن الإبل مثيرة للاهتمام بشكل خاص بسبب تركيبها الفريدة من الأحماض الأمينية. وقد تحتوي هذه البروتينات أيضًا على ببتيدات نشطة بيولوجيًا وفوائد صحية محتملة. الهدف من عملنا هو دراسة تأثير بروتينات مصّل الإبل على مستوى الدهون أثناء الإصابة بمرض السكري في ثلاث مجموعات من ذكور فئران ويستار ( المجموعة المرجع، مجموعة مرضى السكري، مجموعة مرضى السكري مع مكملات بروتين مصّل اللبن المعزولة). تم تقييم معايير الدم : الالبومين ،الجلوكوز ، الكوليسترول الكلي ،الكوليسترول HDL ، والكوليسترول LDL، والدهون الثلاثية. كما تم تقييم الكوليسترول والدهون الثلاثية في الكبد والأنسجة الدهنية. أظهرت نتائج هذه التجربة أن مكملات بروتين مصّل اللبن المعزول من الإبل في الفئران المصابة بداء السكري قد حسنت من التغيرات الأيضية التي يسببها مرض السكري. وشملت هذه التغيرات انخفاضًا في نسبة السكر في الدم، وانخفاضًا في الالبومين و كوليسترول المصل والكبد والأنسجة الدهنية، وانخفاضًا في الدهون الثلاثية في المصل والكبد. في نهاية هذه التجربة، من الواضح أن بروتينات مصّل اللبن الإبل لها تأثيرات مفيدة ملحوظة على المعايير الكيميائية الحيوية والدهون أثناء مرض السكري.

**الكلمات المفتاحية:** مصّل لبن الإبل , بروتينات، عسر شحميات الدم، المركبات النشطة بيولوجيا.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Fonction de l'insuline sans et pendant le diabète de type 1. ....	6
<b>Figure 2</b> : Physiologie du diabète de type 2. ....	7
<b>Figure 3</b> : Le dromadaire.....	11
<b>Figure 4</b> : Lait camelin collecté dans des bouteilles en verres. ....	20
<b>Figure 5</b> : Étapes suivies pour la séparation des protéines sériques camelins. ....	21
<b>Figure 6</b> : Écrémage du lait après centrifugation. ....	22
<b>Figure 7</b> : Centrifugation du lactosérum. ....	23
<b>Figure 8</b> : Photo des rats pendant l'étude.....	24
<b>Figure 9</b> : Induction du diabète par une injection intrapéritonéale de STZ. ....	25
<b>Figure 10</b> : Gavage en protéines sériques camelins par voie intragastrique. ....	26
<b>Figure 11</b> : Sacrifice des rats et prélèvement du sang.....	27
<b>Figure 12</b> : Variations des valeurs des triglycérides (TG) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	34
<b>Figure 13</b> : Variations des valeurs des cholestérol total (CT) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	35
<b>Figure 14</b> : Variations des valeurs de HDL-C (cholestérol des lipoprotéines de haute densité) ....	35
<b>Figure 15</b> : Variations des valeurs de LDL-C (cholestérol des lipoprotéines de faible densité) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	36
<b>Figure 16</b> : Variations des valeurs des triglycérides hépatiques (TG) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	36
<b>Figure 17</b> : Variations des valeurs de cholestérol hépatique (CT) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	37
<b>Figure 18</b> : Variations des valeurs de triglycérides tissus adipeux (TA) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	37
<b>Figure 19</b> : Variations des valeurs de cholestérol total tissu adipeux (TA) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc. ....	38

## Liste des abréviations

**CHNC** : Coma hyperosmolaire non cétosique.

**CHU** : Chylomicrons du spécimen

**CN** : Caséine.

**DID** : Insulinodépendant.

**DNID** : Non insulinodépendant.

**DT1** : diabète de type 1

**GAD** : Glutamate décarboxylase.

**HDL** : lipoprotéine de haute densité.

**IA-2 et IA-2B** : Anti-tyrosine phosphatase 1 et 2.

**IgG** : Immunoglobuline G

**IPSc** : Isolats des protéines sériques camelines

**J.C** : Jésus-Christ.

**LC** : Lait camelin

**LDL** : Lipoprotéine de faible densité.

**MG** : Matière grasse.

**OMS** : Organisation mondiale de la santé.

**SOPK** : Syndrome des ovaires polykystiques.

**STZ** : Streptozonosine

**TA** : Tissu adipeux

**VLDL** : Lipoprotéine de très faible densité

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Principales fonctions des protéines du lait de chamelle . . . . .	15
<b>Tableau 2</b> : Variations des valeurs de glucose et de l'albumine plasmatique chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc... . . . .	34

# Table des matières

**Remerciement**

**Dédicace**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

Introduction .....	13
Synthèse Bibliographique .....	3

## **Chapitre 1 Diabète**

1. Le Diabète .....	5
1.1. Historique sur le diabète : .....	5
1.2. Classification du diabète sucré : .....	5
1.2.1. Diabète de type 1 (Insulinodépendant) : .....	5
1.2.2. Diabète de type 2 (Non insulinodépendant) : .....	6
1.2.3. Diabète gestationnel : .....	7
1.3. Facteurs de risques du diabète .....	7
1.4. Complications du diabète .....	8
1.4.1. Complications aiguës du diabète : .....	9

## **Chapitre 2 Lactosérum Camelin**

1 Généralités sur lait camelin .....	11
2 Composition chimique du lait camelin : .....	13
2.1. Eau : .....	13
2.2. Matière grasse : .....	13
2.3. Protéines : .....	13
2.4. Le lactose : .....	14
3. Le lactosérum camelin : .....	15
2.1. Définition .....	15
2.2. Les principales protéines du lactosérum .....	16
3. Le lait de chamelle et ses bienfaits .....	17

## **Matériel et Méthodes**

1. Collecte d'échantillon du lait camelin : .....	20
2 L'étude in-vivo : .....	23
2.3.1. Prélèvement de sang : .....	27
2.3.2. Prélèvement des organes: .....	27
2.3.3. Préparation des homogénats tissulaires : .....	27
2.4. Dosages .....	28
2.4.1. Dosage de l'albumine : .....	28

2.4.2. Dosage de glucose :	28
2.4.3. Dosage de cholestérol totale :	28
2.4.4. Dosage du HDL cholestérol :	29
2.4.5. Dosage du LDL cholestérol :	30
2.4.6. Dosage des triglycérides :	30

## **Résultats et interprétation**

1. Analyse statistique des données	33
2 Résultats du dosage de l'albumine	33
3 Résultats du dosage de la glycémie	33
4 Valeurs des lipides sériques ( triglycérides et cholestérol totale)	38
5 Valeurs des HDL cholestérol	38
6 Valeurs des LDL cholestérol	39
7 Valeurs des lipides hépatiques (triglycérides hépatiques et cholestérol totale )	39
9 Valeurs de cholestérol total tissus adipeux	40
Discussion	41
Conclusion	44
Références bibliographiques	46

# **Introduction**

## Introduction

---

À l'échelle mondiale, on estime à 422 millions d'adultes diabétiques en 2014 (OMS, 2016). L'incidence du diabète augmente régulièrement dans les pays développés et les pays en voie de développement, si bien que l'on considère cette maladie comme épidémique (Orban & Ichai, 2011). Selon l'OMS (2016), le diabète a provoqué 1,5 million de morts en 2012.

Le diabète est une maladie chronique grave, qui se déclare lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline, ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser correctement l'insuline qu'il produit. La manque d'insuline conduit à une hyperglycémie. Une glycémie supérieure à la normale induit des troubles métaboliques ce qui accroît le risque de maladies cardiovasculaires, de l'insuffisance rénale, et le risque de l'amputation des jambes (OMS, 2016). La présence d'une dyslipidémie est fréquente chez les patients diabétiques, elles sont définies par l'augmentation du cholestérol total, du LDL-C des triglycérides plasmatiques et hépatiques et la diminution du HDL-C (Tanguy & Aboyans, 2014).

Les traitements actuels du diabète abaissent efficacement la glycémie, par des molécules naturelles pouvant avoir des effets bénéfiques sur la régulation du métabolisme glucidique tout en évitant les effets secondaires des substances synthétiques (Eddouks et al. 2007).

Associée au traitement, une alimentation équilibrée est variée couvre les besoins nutritionnels de l'individu. Certains aliments contiennent des éléments bioactifs ayant des effets bénéfiques prouvés sur la santé (Fougere, 2021). Parmi ces aliments, le lait camelin. Considéré comme l'aliment de base pendant toute l'année, dans la plupart des zones pastorales sahariennes et associé à des effets positifs sur le profil lipidique sanguin (Sboui et al. 2016).

Des études sur l'effet de la consommation de lait camelin sur les profils lipidiques chez les patients diabétiques ont montré une réduction du cholestérol total (TC), des triglycérides (TG), du LDL (lipoprotéines de basse densité) et une augmentation du HDL (lipoprotéines de haute densité) (Khalid et al. 2023).

Le lait de chamelle est également bénéfique pour la guérison de l'autisme, de la diarrhée, des allergies, des maladies auto-immunes et maladies métaboliques (Sumaira et al. 2020).

Le présent travail a pour objectif l'étude de l'impact des protéines du lactosérum camelin sur le diabète. L'expérimentation *in vivo* de ce travail porte sur des rats mâles de la race Wistar. Trois lots de rats sont formés :

## **Introduction**

---

- Premier lot : lot témoin, rats non diabétiques et sans supplémentation en protéines sériques camelines.
- Deuxième lot : lot contrôle, rats diabétiques et sans supplémentation en protéines sériques camelines.
- Troisième lot : lot contrôle, rats diabétiques avec supplémentation en protéines sériques camelines.

Après 3 semaines de l'expérience les rats ont été euthanasiés afin d'évaluer les paramètres biochimiques et du profil lipidique .

# **Synthèse**

# **Bibliographique**

# **Chapitre 1 :**

## **Diabète**

## 1. Le Diabète :

### 1.1. Historique sur le diabète :

Le diabète existe depuis longtemps. À l'époque de l'Antiquité égyptienne en 1550 avant J.C, il est retrouvé dans le papyrus. Aretaeus était un médecin grec de Cappadoce a été le premier qui utiliser le terme diabète.

Dans l'Inde ancienne, les gens ont découvert qu'ils pouvaient utiliser des fourmis pour tester le diabète en leur présentant de l'urine. Si les fourmis venaient à l'urine, c'était le signe qu'elle contient des niveaux élevés de sucre. Ils appelaient cette condition «madhumeha», ce qui signifie urine de miel (**Holt et al. 2024**).

### 1.2. Classification du diabète sucré :

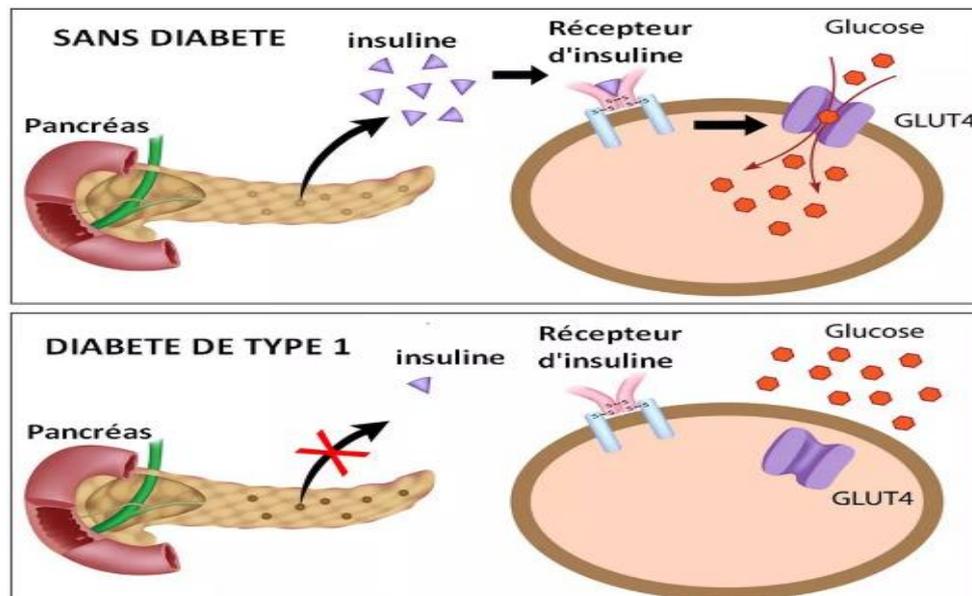
Le diabète est une maladie chronique qui se caractérise par un taux de glucose élevé dans le sang, résultant soit d'une production insuffisante d'insuline par le pancréas, soit d'une résistance des cellules du corps à l'insuline, soit d'une combinaison des deux. Une glycémie à jeun égale ou supérieure à 126 mg/dL (7,0 mmol/L) à deux reprises (**Anjali et al. 2008**).

Le diabète sucré se manifeste sous deux formes majeures: diabète de type 1 ou «insulinodépendant» (DID) et diabète de type 2 ou «non insulinodépendant» (DNID).

#### 1.2.1. Diabète de type 1 (Insulinodépendant) :

C'est une maladie auto-immune qui cause la destruction irréversible des cellules  $\beta$  du pancréas.

Dans la plupart des cas, la destruction auto-immune des cellules pancréatiques entraînant un déficit absolu en insuline endogène les personnes atteintes de diabète de type 1 dépendent de l'insuline exogène pour survivre (**Alberti et Zimmet, 1998**).



**Figure 1:** Fonction de l'insuline sans et pendant le diabète de type 1.

Les marqueurs de la destruction des cellules immunitaires comprennent les auto-anticorps des cellules des îlots, les auto-anticorps anti-insuline, la glutamate décarboxylase (GAD) et les auto-anticorps, anti-tyrosine phosphatase IA-2 et IA-2B. Un ou plusieurs de ces auto-anticorps sont présents chez 85 à 90 % des individus lorsqu'une hyperglycémie à jeûne est initialement détectée. Les nourrissons, les jeunes enfants et les adolescents subissent souvent une destruction cellulaire rapide et souffrent souvent d'acidocétose dès son apparition (**Holt et al. 2024**).

Ce type de diabète est commun chez les enfants, les adolescents bien qu'elle puisse survenir à tout âge (**OMS, 2005**).

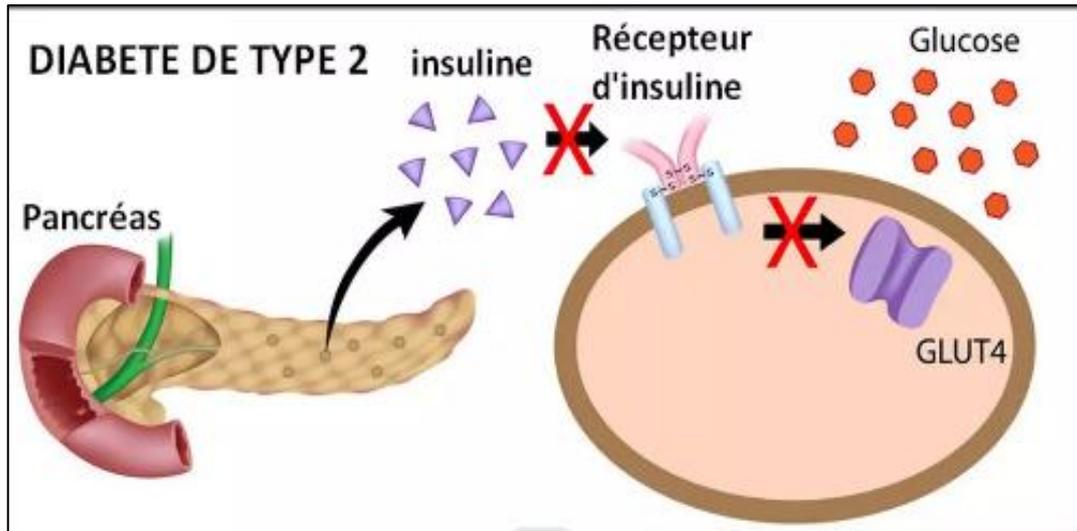
### 1.2.2. Diabète de type 2 (Non insulino-dépendant) :

Le diabète de type 2 est l'affection métabolique la plus répandue dans le monde, sa prévalence s'accroît de manière exponentielle, et selon les prévisions de l'OMS, plus de 300 millions d'individus seront diabétiques en 2025.

Le diabète de type 2 se caractérise par un déficit relatif en insuline, bien qu'il y ait sécrétion d'insuline, celle-ci est insuffisante pour vaincre la résistance à l'insuline.

Ce type de diabète peut rester asymptomatique pendant de nombreuses années et n'est pas détecté chez près de 50 % des personnes touchées par la maladie, il est communément diagnostiqué fortuitement, lors d'un examen médical effectué pour d'autres raisons (**Féry et Paquot, 2005**).

L'insulinorésistance est définie par une diminution de la capacité de l'hormone à stimuler le transport de glucose dans les cellules, ce qui entraîne une hyperglycémie (MAGIS , I et al., 2002).



**Figure 2:** Physiologie du diabète de type 2.

Le diabète de type 2 est devenu courant chez les enfants et les adolescents dans les populations asiatiques et pourrait être en partie attribué à l'augmentation des taux d'obésité et à l'évolution des modes de vie. Il a été proposé de modifier la classification du diabète de type 2 afin d'identifier les personnes présentant un risque accru de complications et de soutenir un traitement de précision en adaptant le type de thérapie présentant le plus grand bénéfice pour la personne diabétique (Richard et Holt, 2024).

### 1.2.3. Diabète gestationnel :

Le diabète gestationnel a été défini comme un état d'intolérance aux glucides entraînant une hyperglycémie ayant été mis en évidence pour la première fois durant la grossesse. Il se développe autour du deuxième trimestre de la grossesse et disparaît généralement après l'accouchement (OMS, 2016).

Ce type de diabète est souvent asymptomatique, mais il y'a des signes qui peuvent apparaître tel que polyurie, polydipsie et prise de poids rapide (Pirson et al. 2016).

### 1.3. Facteurs de risques du diabète :

Plusieurs facteurs de risque peuvent augmenter l'apparition de diabète, parmi les facteurs de risque les plus courants :

- **L'obésité** : un excès de poids, en particulier autour de la taille, est l'un des principaux facteurs de risque de diabète de type 2. L'obésité interfère avec la capacité des cellules à

utiliser correctement l'insuline, ce qui peut entraîner une résistance à l'insuline et finalement un diabète.

- **L'hérédité** : le risque de développer un diabète de type 2 est plus élevé chez les personnes ayant des membres de famille proche ayant eu du diabète

- **L'âge** : le risque de diabète de type 2 augmente avec l'âge, en particulier après 45 ans, à cause de la diminution de l'activité physique (**Rigalleau et al., 2007**).

- **L'hypertension artérielle** : une pression artérielle élevée est associée à un risque accru de diabète, et peut augmenter le risque de complications cardiovasculaires (**Fennoun et al. 2018**).

- **Le tabagisme** : le tabagisme augmente le risque de diabète de type 2 et peut aggraver les complications chez les personnes atteintes de diabète (**Gruyer, B & Vergès, 2020**).

- **Le syndrome des ovaires polykystiques (SOPK)** : les femmes atteintes de SOPK ont un risque plus élevé de développer un diabète de type 2.

-**Le cholestérol et les triglycérides** : les taux élevés de cholestérol LDL (mauvais cholestérol) et de triglycéride, ainsi que des niveaux bas de cholestérol HDL (bon cholestérol) sont associés à un risque accru de diabète.

- **Le stress**: le stress chronique peut augmenter la glycémie due à au développement du diabète (**Ardigo et Philippe, 2008**).

- **L'alimentation** : une alimentation riche en calories, en graisses saturées, en sucres ajoutés et en aliments transformés peut contribuer au développement du diabète de type 2 (**Fougere.É, 2021**).

#### **1.4. Complications du diabète :**

Les symptômes fréquemment connue sont :

- **Polydipsie** : soif excessive.

- **Fatigue** : sentiment général de faiblesse.

- **Perte de poids non intentionnelle** : perte de poids sans essayer.

- **Infections fréquentes** : infections récurrentes, en particulier des infections fongiques.

- **Polyurie** : augmentation de la miction, notamment de nuit.

- **Polyphagie** : faim excessive ou augmentation de l'appétit.

-**Guérison lente des plaies** : blessures qui prennent plus de temps à guérir (**Crozet.C & Ivernois, 2010**)

Les complications du diabète sont divisées en deux catégories, les complications aiguës et les complications chroniques :

**1.4.1. Complications aiguës du diabète :**

- **Hyperglycémie diabétique (acidocétose diabétique) :** une diminution de l'insuline absolue ou relative, une utilisation réduite du glucose dans les tissus et une augmentation de la gluconéogenèse sont les principales causes de l'hyperglycémie. L'hyperglycémie entraîne une glycosurie, une déshydratation et une diminution de la perfusion rénale.

Cela entraîne une réduction de l'excrétion rénale du glucose, qui constitue le principal mécanisme de défense contre l'hyperglycémie.

- **Coma hyperosmolaire non cétosique (CHNC) :** est une complication grave du diabète caractérisée par une hyperglycémie sévère, suivie d'une déshydratation et d'une augmentation de l'osmolarité plasmatique.

Cependant, les patients atteints de diabète de type 2 développent un coma acidocétose en raison d'une absence réduite ou totale de sécrétion d'insuline endogène **(Ichai et Orban, 2011)**.

**Chapitre 2:**  
**Lactosérum camelin**

**1 Généralités sur lait camelin :**

Le nom "dromadaire" vient du mot grec "dromados", qui signifie "course", car cet animal est utilisé pour le transport (Souilem et Barhoumi, 2009). Il appartient à la famille des camélidés, est une espèce de chameau à une seule bosse, appelée *Camelus dromedarius* en latin. Une autre espèce qui possède deux bosses appelée également (camelus bactériennes) (Siboukeur, 2007).

Les dromadaires vivent dans des régions chaudes, arides et semi-arides de la planète. Leur origine se situe en Amérique du Nord. Ils se sont ensuite répandus en Asie et en Afrique après la période tertiaire qui a entraîné la glaciation de l'hémisphère nord de la Terre (Dick et al., 2011).

D'après les statistiques algériennes, on estime qu'il y aurait environ 344 000 chameaux, répartis dans 17 wilayas, dont 8 Sahariennes et steppiques. Les trois principales provinces de Tamanrasset, Tindouf et Adrar abritent 54% du cheptel, tandis que les 25% restants se trouvent dans les autres wilayas (Ben Aissa, 1989).

Les dromadaires ont une grande importance socio-économique car, ils sont considérés comme une source importante de lait (Al-Kanhal, 2010).



**Figure 3:** Le dromadaire d'Algérie

Le lait camelin constitue la principale source alimentaire pour les populations nomades et pastorales dans les régions arides et chaudes du monde qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté (**Sboui et al, 2016 ; Lajnaf et al, 2022**).

La composition chimique du lait de chamelle se traduit par son aspect blanc opaque caractéristique, accompagné d'un arôme subtil et sucré et d'une saveur piquante distincte. Parfois, il peut y avoir un soupçon de salinité l'opacité du lait est une caractéristique visuelle déterminante, la répartition des graisses dans le lait est uniformément dispersée. La densité moyenne du lait de chamelle est 1.029 g /cm. Il est moins visqueux que le lait de vache (**Hana Youssef et al, 2019**).

Contrairement aux autres laits de ruminants, le lait de chamelle possède des qualités distinctes. Il contient des niveaux plus faibles de cholestérol, de sucre, de minéraux et de vitamine C, tout en contenant des quantités plus élevées de protéines protectrices telles que la lactoferrine, la lactoperoxydase, les immunoglobulines et le lysozyme.

Pour les personnes intolérantes au lactose suite à la consommation de lait de vache, le lait de chamelle constitue une alternative intéressante. Ce qui distingue le lait de chamelle, c'est son éventail exceptionnel de propriétés antioxydantes ainsi que ses attributs antibactériens, antiviraux, antifongiques, anti-hépatite et anti-arthrite. De plus, le lait de chamelle s'est avéré efficace dans le traitement de la tuberculose, dans la prévention du vieillissement et comme remède contre les maladies auto-immunes. Il a été prouvé que l'insuline présente dans le lait de chamelle est à la fois sûre et efficace pour améliorer le contrôle glycémique à long terme des patients.

Plusieurs études ont montré que le lait de chamelle est plus proche du lait maternel que de tout autre lait (**Yadav et al, 2015**).

L'importance fondamentale du lait de chamelle réside dans sa disponibilité à différents périodes de l'année et conditions climatiques. Le lait des autres animaux se fait rare pendant les périodes difficiles de sécheresse. Le potentiel de production laitière des chamelles est supérieur à celui des vaches dans les mêmes conditions (alimentaires et climatiques). Des études montrent que les chamelles peuvent fournir aux humains 15 à 20 litres de lait par jour (**Sakandar et al, 2018**).

## 2 Composition chimique du lait camelin :

De manière générale la composition chimique du lait de chamelle comprend quatre éléments importants : l'eau, les protéines, la matière grasse et le lactose.

### 2.1. Eau :

L'eau est un facteur important qui affecte la composition du lait de chamelle. Sa teneur varie selon son apport dans l'alimentation. La teneur moyenne en eau donnée par **Elami et Wilcox (1992)** est de 88,33%.

### 2.2. Matière grasse :

La matière grasse laitière qui représente une source importante d'énergie est constituée essentiellement de lipides et de substances lipoidiques. Néanmoins des composés protéiques sont présents dans la membrane du globule gras. Elle constitue également, un apport important en acides gras essentiels et en vitamines liposolubles. Les quelques études consacrées à cette matière ont mis en évidence son apport quantitatif et qualitatif.

La teneur en matière grasse (M.G) du lait est comprise entre 1.2 et 6.4 %. Une forte corrélation positive a été trouvée entre la teneur en M.G et en protéine. Néanmoins, pour ce dernier volet, la composition et les propriétés physico-chimiques et structurales de cette matière lipidique n'ont fait l'objet que de quelques investigations limitées (**Sboui et al, 2009**).

### 2.3. Protéines :

La teneur globale en protéines du lait de chamelle est comprise entre 21,1 et 4,9% (**Raghvendar et al., 2004**). Le lait de chamelle est abondant en acides aminés essentiels (**Elagamy, 2009 ; Shamsia, 2009**).

Pour le lait de chamelle la température de dénaturation des protéines pour la présure et le lactosérum acide varie entre 73,8 et 60,50 C°, et pour le lait bovin elle varie entre 70,5 et 63,9C° (**Singh et al, 2017**). La principale protéine est la caséine (CN) du lait de chamelle et représentant environ 52 à 87% des protéines totales (**Raghvendar et al., 2004**). Les protéines du lactosérum se situent entre 0,7 et 1,0% (**Farah, 2011**). Les caséines sont symbolisées par  $\alpha$  (S1 et S2),  $\beta$ ,  $\kappa$ , possèdent respectivement des masses moléculaires de 27.6, 23.8 et 22.4 KDa (**Saleh et al., 2012**).

Près de 90% de protéines contenus dans le lactosérum sont constituées d' $\alpha$ -lactalbumine, d'albumine sérique, d'immunoglobuline et de la lactophorine. Les 10% restants sont constitués de protéines mineures telles que les PGRP, la lactoferrine et la WAP (**Farah, 2011**).

Les protéines du lait de camelin ont manifesté des propriétés potentiellement anticancéreuses en provoquant une surproduction de ROS intracellulaire, ce qui a abouti à la mort cellulaire apoptotique de deux lignées cellulaires cancéreuses (**Ibrahim et al., 2022**).

#### 2.4. Le lactose :

Le lactose est le principal carbohydrate dans le lait (**Meiloud et coll., 2011**). Les teneurs moyennes en lactose dans le lait de chamelle se situent entre 3,05 à 5,47 %. Le type de plante désertique ingéré par l'animal peut être à l'origine de cette grande variation de la valeur du lactose (**Khaskheli et al., 2005**).

On outre, il a été rapporté que le lactose est le seul composé stable qui n'est influencé ni par la saison (**Haddadin et al., 2008**) ni par l'hydratation ou la déshydratation de l'animal (**Yagil et Etzion, 1980**).

D'un autre côté (**Elobeid et al., 2015**), signalent que la teneur en lactose chez les chamelles soudanaises «Anafi» est inférieure à celles des autres races étudiées. Ils ont indiqué que la race du dromadaire avait un effet significatif sur la teneur en lactose dans le lait (**Aljumaah et al., 2012**).

Aussi, la teneur en lactose du lait camelin est affectée significativement par le nombre de parités et le stade de lactation. Ils ont rapporté que la teneur en lactose était élevée dans les premiers mois de lactation puis diminuait significativement jusqu'à la fin de la période de lactation (**Babiker et El-Zubeir, 2014**). Selon **Aljumaah et al., (2012)**, les teneurs les plus élevées en lactose ont été enregistrées chez les chamelles de 5e parité. D'un autre côté, l'effet du système de production a été mentionné par **Alwan et al., (2014)** qui ont signalé que la teneur moyenne en lactose des échantillons de lait de chamelle provenant du système traditionnel (5,08 %) était inférieure à celle provenant du système intensif (5,47 %). Tandis que, **Babiker et El-Zubeir (2014)** parlent d'une teneur moyenne en lactose du lait de chamelle respectivement de  $4,43 \pm 0,48$  %,  $4,05 \pm 1,5$  % et de  $4,47 \pm 0,43$  % dans les systèmes ; intensifs, semi-intensifs et pâturage + supplément.

**Tableau 1** : Principales fonctions des protéines du lait de chamelle ( **Kappeler et al., 2003**).

Protéines	Principales fonctions
<b><math>\alpha</math> s1-Caséine</b>	Nutritive (Acides aminés, Ca, P).
<b><math>\beta</math> – Caséine</b>	Nutritive (Acides aminés, Ca, P).
<b><math>\alpha</math>-Lactalbumine</b>	Synthèse du lactose.
<b><math>\beta</math> -Lactoglobuline</b>	Liaison et transport des acides gras et de rétinol
<b>Lactoferrine</b>	Anti-inflammatoire, nutritive fixation du fer.

### 3. Le lactosérum camelin :

#### 2.1. Définition :

Le lactosérum, également appelé lactosérum dans l'industrie laitière est un liquide opaque qui représente 90 % du volume du lait cru (**Lachebi et Yelles, 2018**). C'est l'action de la présure ou de l'acide en filtrant le lait coagulé pour obtenir une solution liquide jaune-vert (**Papademas et Kotsaki, 2019**). Cette dernière est un sous-produit de l'industrie du fromage et de la caséine et possède un pH compris entre 5 et 6,5 (**Kosikowski, 1979**). Les opérations qui suivent l'étape de coagulation comprennent la séparation des phases, où le lait restant coagule et le lactosérum et l'isolat de lactosérum deviennent des ingrédients alimentaires puissants, importants et polyvalents au cours d'une opération traditionnelle appelée égouttage (**Beverley, 2002**). Pendant des décennies, il a été considéré comme un déchet laitier majeur en termes d'élimination (**Ahn et al., 2001**).

## 2.2. Les principales protéines du lactosérum :

Les protéines de lactosérum sont les composants majeurs des protéines du lait Camelin. Ils représentent 20 à 25 pour cent des protéines totales (Al-Alawi et Laleye, 2011).

Près de 90% des protéines du lactosérum sont composées de : alpha-lactalbumine, sérum Albumine et immunoglobulines. Le reste étant des protéines mineures. Par exemple, la protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP), la lactoferrine, lysozyme, peptone et la lactopéroxydase (El-Agamy et al., 1996).

### 2.2.1. Le $\alpha$ -Lactalbumine :

L' $\alpha$ -Lactalbumine ( $\alpha$ -La), c'est une métalloprotéine globulaire compacte qui transporte le calcium, elle est synthétisée par les glandes mammaires. C'est la protéine majeure du lactosérum camelin (BEG et al, 1985). L' $\alpha$ -La cameline, est très riche en acides aminés essentiels particulièrement en Trp, Cys et Lys, où elle contient 21,6% de ces trois amino-acides (Salami et al, 2008).

Le rôle principal de L' $\alpha$ -La est de réguler l'activité de la galactosyl-tranferase en diminuant son affinité vis-à-vis le glucose et le N-acetylglucosamine. L' $\alpha$ -La est une protéine qui lie les cations divalents comme le calcium et le zinc et facilite ainsi l'absorption des minéraux essentiels (Permyakov et Berliner, 2000).

### 2.2.2. Le sérum albumine :

Le sérum albumine (BSA) est la protéine majeure du sérum sanguin, synthétisée dans le foie. Elle passe du plasma vers la glande mammaire pendant la production du lait (Carter et Ho, 1994).

Sa concentration dans le lait est de (0,1 à 0,4g/l). Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés, avec un poids moléculaire de 66,2 et 17 ponts disulfures intramoléculaire (Elagamy, 1996). Le rôle principal du sérum albumine est le transport et distribution des ligands (Carter et Ho, 1994).

### 2.2.3. Les immunoglobulines :

Les immunoglobulines IgG représentent environ 10% des protéines totales du lactosérum. La concentration en IgG dans le lait camelin est de 1,64mg/ml. Le lait de chamelle contient des immunoglobulines qui ont une structure unique, elles sont dépourvues de chaînes légères (Shabo et Yagil, 2005).

Sur le plan fonctionnel, les immunoglobulines jouent un rôle dans le transfert de l'immunité passive chez le nouveau-né, en particulier lors des deux premiers jours de la lactation durant lesquels leur concentration dans le colostrum est maximale (**Kelly, 2003**).

#### **2.2.4 La lactoferrine :**

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites, chacun capable de lier les ions fer ( $Fe^{3+}$ ). Cette capacité à capter le fer explique en partie son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes, comme *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (**Zagulki et al., 1989**). En termes de propriétés physiques, la lactoferrine de chamelle comme beaucoup d'autres protéines du lait de chamelle est plus résistante à la chaleur que les autres espèces. Par exemple, à 85°C pendant 10 minutes, la lactoferrine dans le lait de chamelle n'était que de 37 % de la valeur initiale, contre 1,2 % dans le lait de vache et 0 % dans le lait de bufflonne dans les mêmes conditions (**Elagamy, 2000**).

#### **2.2.5 Le lysozyme :**

Le lysozyme est un composé naturel du lait de mammifère ayant un pouvoir antibactérien puissant. Le lait de chamelle contient 15 microgrammes de plus de lysozyme. L'activité enzymatique du lysozyme présent dans le lait de chamelle est également plus forte que le lysozyme présent dans le lait de vache. (**Elagamy et al., 1996**).

Tout comme la lactoferrine, le lysozyme présent dans le lait de chamelle est résistant à la chaleur. A une température de 85°C durant 10 minutes, le lysozyme du lait de chamelle ne représente plus que 44 % de la valeur initiale. Le lait de vache était à 18% contre 26% buffles dans les mêmes conditions (**Elagamy, 2000**).

#### **2.2.6. La peroxydase :**

La peroxydase est une enzyme de défense antimicrobienne du lait. Cette enzyme dans le lait de chamelle est l'une des plus résistantes à la chaleur par rapport au lait de vache (**Elagamy et al., 1996**).

### **3. Le lait de chamelle et ses bienfaits :**

Le lait de chamelle est traditionnellement utilisé pour traiter le diabète. Le lait de chamelle semble contenir des niveaux élevés d'insuline, ou de protéines analogues à l'insuline, qui semblent traverser l'estomac intact et ne forment pas de caillé dans un environnement acide. Le lait de chamelle présente une concentration élevée d'insuline, 52

microunités/ml. Les concentrations d'insuline étaient également significativement plus élevées dans le lait maternel ( $60,23 \pm 41,05$  microunités/ml) et plus faibles dans le lait de vache ( $16,32 \pm 5,98$  microunités/ml) (Vagge, A *et al.*, 2020).

**Matériel**  
**et**  
**Méthodes**

## Matériel et méthodes

---

Notre travail a été réalisé dans le laboratoire PPBABIONUT de l'Université de Tlemcen, il est basé sur l'isolement des protéines sériques à partir du lait camelin afin d'étudier leur impact sur les paramètres lipidiques au cours du diabète.

### 1. Collecte d'échantillon du lait camelin :

L'échantillon de lait de chamelle de l'espèce *Camelus dromedarius* a été collecté dans la région de Béchar dans le Sahara Algérien. Le lait est prélevé de manière hygiénique dans des bouteilles en verres stériles contenant un agent anti-microbien. L'échantillon a été mis dans une glacière à +4°C pour le transport. Une fois au laboratoire le lait a été congelé pour une meilleure conservation.



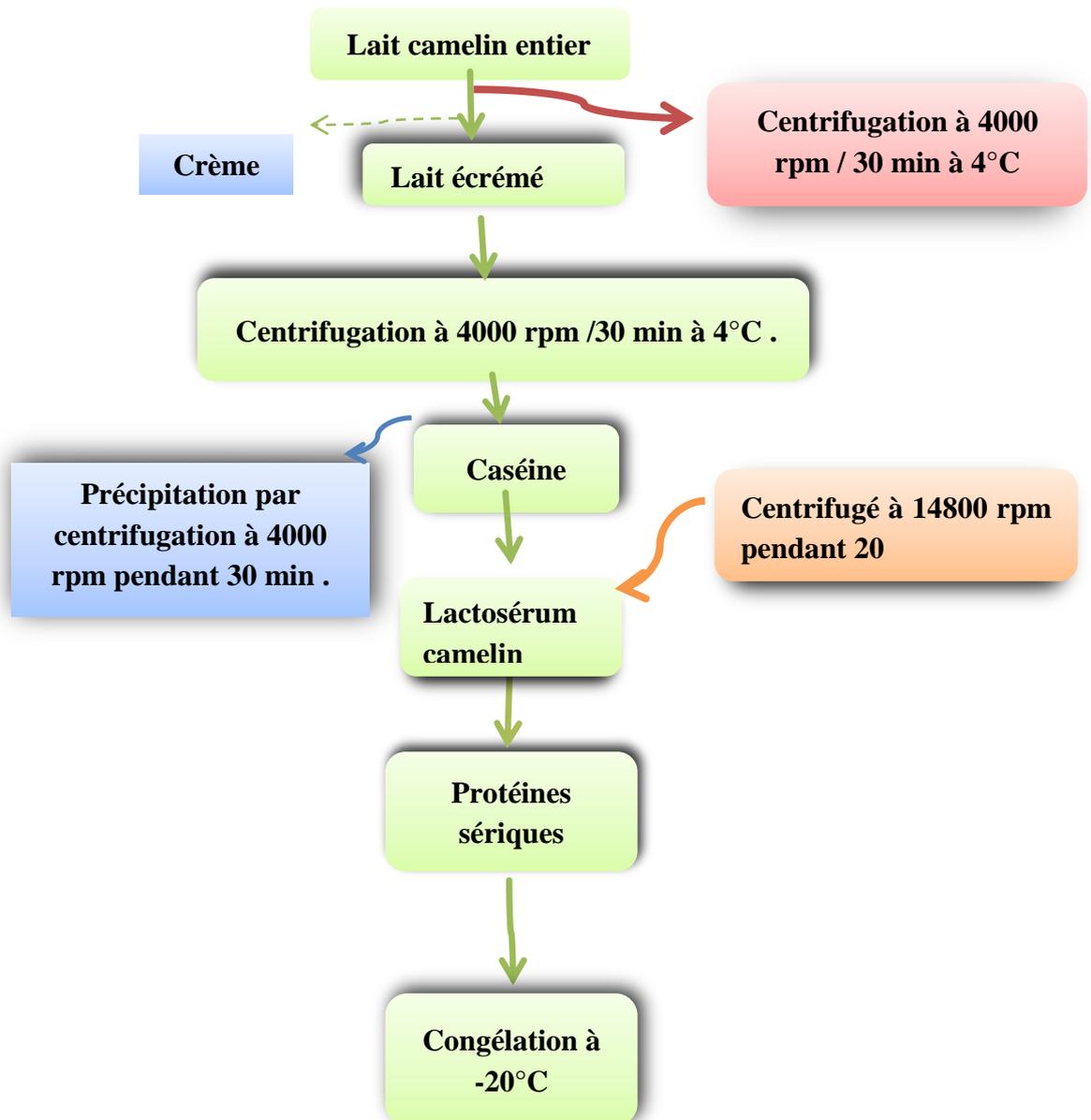
**Figure 4** : Lait camelin collecté dans des bouteilles en verres.

## Matériel et méthodes

### 1.1. Préparation d'isolat des protéines sériques camelines :

Dans le but de séparer les protéines sériques des caséine, l'échantillon de lait camelin

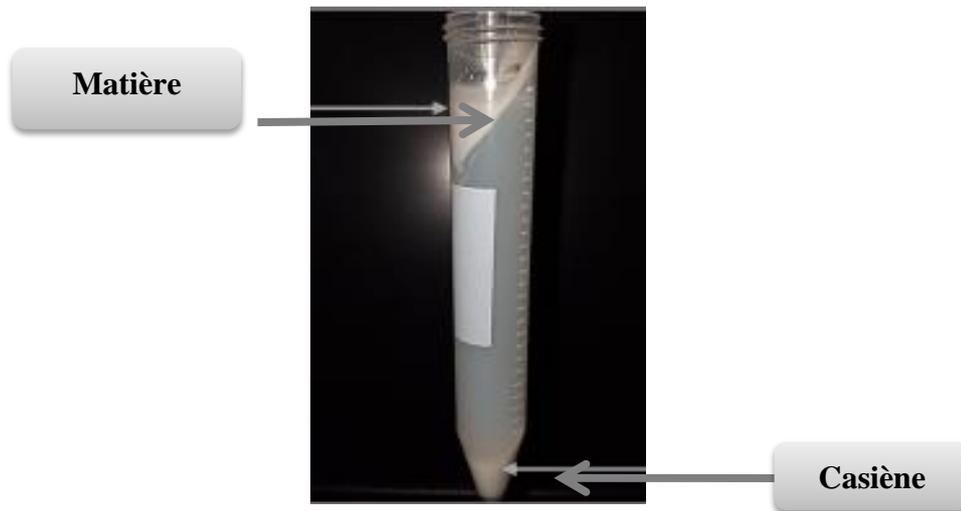
a été traité selon les étapes suivant:



**Figure 5 :** Étapes suivies pour la séparation des protéines sériques camelins.

### ❖ **Écrémage :**

L'écémage des échantillons de lait camelin est réalisé par centrifugation à 4000 rpm pendant 30 min à 4°C afin d'éliminer la matière grasse (MG). La crème qui apparaît en surface est éliminée par une spatule métallique.



**Figure 6 :** Écrémage du lait après centrifugation.

### ❖ **Isolement des protéines sériques :**

La séparation de la caséine des protéines sériques a été réalisée par un ajustement du pH à 4.2 par l'acide acétique à 10%. L'acidification a été suivie d'une centrifugation à 4000 rpm pendant 30 min à 4°C.

Le surnageant qui est obtenu après cette étape (lactosérum), est neutralisé à pH=7 avec une solution de NaOH.

### ❖ **Précipitation des protéines sérique :**

Le lactosérum obtenu de l'étape précédant est centrifugé à 14800 rpm pendant 20 min, un culot ainsi obtenu contient des protéines sériques camelines.



**Figure 7 :** Centrifugation du lactosérum.

### ❖ **Conservation :**

Les protéines obtenues sont mises dans des tubes stériles puis congelées à  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## **2 L'étude in-vivo :**

Les rats utilisés dans ce travail sont des rats mâles de type Wistar en bonne santé. Pendant l'expérience les directives fournies par le comité d'éthique des soins expérimentaux des animaux ont été respectées. Les rats sont mis dans des cages propre durant l'expérience , nourris quotidiennement et ayant accès à l'eau. La salle est correctement aérée à une température constante de  $23^{\circ}\text{C}$ .

Dans ce travail trois lots de rats sont étudiés :

- Premier lot : lot témoin, rats non diabétiques et sans supplémentation en protéines sériques camelines.

- Deuxième lot : rats diabétiques sans supplémentation en protéines sériques camelines.

## Matériel et méthodes

---

- Troisième lot : rats diabétiques avec supplémentation en protéines sériques camelines.

Chaque lot contient deux rats (n=2).

- Troisième lot : rats diabétiques avec supplémentation, rats diabétiques avec supplémentation en protéines sériques camelines.

-Chaque lot contient deux rats (n=2).



**Figure 8** : Photo des rats pendant l'étude.

### **2.1. Induction du diabète :**

Arrivé à un poids  $190 \pm 10$ , le diabète est induit. La procédure la plus fréquemment utilisée consiste à administrer une dose de streptozotocine (STZ) comprise entre 40 à 70 mg /kg , pour générer un état de diabète de type 1 (DT1).

## Matériel et méthodes

---

La streptozotocine est dissoute dans un tampon de citrate 50 mM (pH 4.5). L'injection de la solution est réalisée après dissolution totale de la STZ.

- À l'aide d'une seringue de 1 ml, la solution de STZ est injecté à 50 mg/kg par voie intrapéritonéale.
- Les rats sont remis dans leurs cage et sont alimentés en nourriture et de l'eau contenant 10% de saccharose.
- Au lendemain de l'expérience, la solution de saccharose est remplacée par de l'eau.
- Après 10 jours de l'expérience, la glycémie est testée après un jeûne des rats pendant 6 à 8 heures. La teneur du sang en glucose est évaluée par des bandelettes en utilisant le glucomètre. L'échantillon de sang est prélevé à partir de la veine caudale. Si les animaux sont diabétiques (c'est à dire que la concentration du glucose dans le sang est supérieur à 150 mg/dl), les modèles seront considérés en tant que diabétiques et validés pour l'étude.



**Figure 9** : Induction du diabète par une injection intrapéritonéale de STZ.

## Matériel et méthodes

---

### 2.2. Gavage en protéines sériques camelines :

Après une semaine d'acclimatation, un lot de rat (n=2) est supplémenté chaque jour en protéines sériques camelines (PSC) par voie intragastrique à raison de 200 mg/kg .

Pour éliminer le facteur de stress pendant le gavage, les rats de groupe témoins diabétique sont aussi gavé par une solution de l'eau physiologique 0.9% de NaCl.



**Figure 10** : Gavage en protéines sériques camelins par voie intragastrique.

### 2.3. Sacrifices et prélèvement de sang et des organes :

Après 10 jours du gavage, les rats sont anesthésiés par la kétamine (75 mg/kg) puis sacrifiés.



**Figure 11** : Sacrifice des rats et prélèvement du sang.

### **2.3.1. Prélèvement de sang :**

Le sang est prélevé par ponction cardiaque, il est ensuite mis dans des tubes secs et des tubes à EDTA. Les tubes sont centrifugés à 4000 g pendant 10 minutes. Le plasma et sérum sont ensuite récupérés pour les dosages des paramètres biochimiques (glucose et albumine) et lipidiques (cholestérol total et triglycérides). Le sérum permet de doser les HDL-C et LDL-C.

### **2.3.2. Prélèvement des organes:**

Dans ce travail le foie et le tissu adipeux ont été prélevés puis mis dans de l'eau physiologique.

### **2.3.3. Préparation des homogénats tissulaires :**

100 mg de foie sont broyés dans 3 ml de tampon PBS à pH= 7,2 contenant 1% de KCL (le tampon doit être glacé pour éviter la dénaturation des constituants tissulaires) lors du passage aux Ultrasons. L'homogénat est passé au vortex puis centrifugé à 6000 g pendant 15 min. Le surnageant est récupéré pour le dosage des paramètres lipidiques.

### 2.4. Dosages biochimiques :

#### 2.4.1. Dosage de l'albumine :

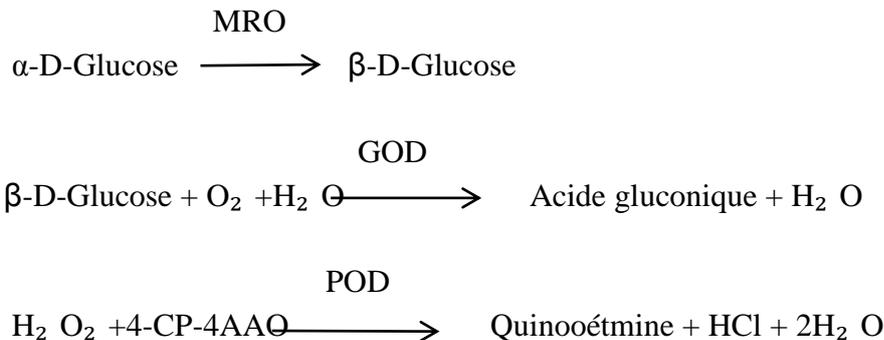
L'albumine se combine au vert de bromocrésol , à pH légèrement acide, entraînant un changement de couleur de l'indice, passant du jaune-vert au vert bleu. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration d'albumine présente dans l'échantillon testé. La lecture s'effectue à 630 nm (600-650) (**kit Cypress diagnostics** ).

#### 2.4.2. Dosage de glucose :

Le glucose est d'abord convertit en  $\beta$ -D-glucose par une mutarotation de . Cette dernière réaction est accélérée en présence de l'enzyme mutarotase (MRO).

En présence de glucose-oxydase (GOD), le  $\beta$ -D-glucose est oxydé en acide gluconique et peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ).

Après l'oxydation du glucose, le peroxyde d'hydrogène formé ( $H_2O_2$ ) est mesuré par couplage oxydatif du 4-aminopantipyrine (AAP) à 4-chlorophénol en présence de peroxydase (POD), donnant un colorant rouge quinonéimine.



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de glucose dans l'échantillon (Kit Cypress Diagnostic)..

#### 2.4.3. Dosage de cholestérol totale :

Le cholestérol est mesuré par voie enzymatique dans le plasma et les tissus par une série de réactions de couplage qui hydrolysent les esters de cholestérol et oxydent le groupe 3-OH du cholestérol (**Kit Cypress Diagnostic**). L'un des sous-produits de la réaction,  $H_2O_2$ ,

## Matériel et méthodes

est mesuré quantitativement dans la réaction de production de couleur catalysée par la peroxydase. L'absorbance a été mesurée à 500 nm. L'intensité de la couleur est directement proportionnelle à la concentration en cholestérol. La séquence de réaction est la suivante :

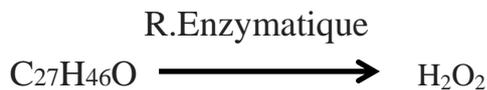
Cholestérol estérase



### 2.4.4. Dosage du HDL cholestérol :

La méthode utilisée se divise en deux étapes :

Dans la première phase, le cholestérol est libéré par les LDL, les VLDL, et les Chylomicrons libèrent du Cholestérol libre, dans les conditions suivantes :



Effet de la réaction avec la POD (peroxydase) et le DSBmT (N,N-bis(4-sulfobutyl)-m-toluidine disodique). Aucun dérivé coloré n'est formé.

Dans un deuxième temps, des détergents spécifiques solubilise le cholestérol-HDL sous action combinée du CO (cholestérol oxydase) et CE (cholestérol estérase), le couple POD + la 4-AAP (4-aminoantypirine) développe une réaction proportionnelle a la concentration en cholestérol -HDL .la lecture s'effectue à 600 nm (**Kit Cypress Diagnostic**).

## Matériel et méthodes

---

### 2.4.5. Dosage du LDL cholestérol :

La méthode utilisée se divise en deux étapes :

Dans un premier temps, seules les lipoprotéines non LDL sont solubilisées.

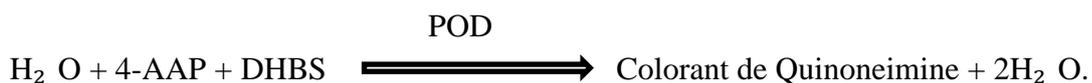
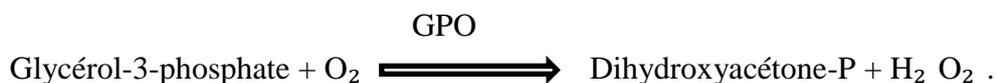
Le cholestérol obtenu, sous l'action de la cholestérol oxydase (CO), Cholestérol estérase (CE), qui produit un composé incolore.

Dans un deuxième temps, le détergent 2 solubilise le cholestérol-LDL. Le couple chromogénique développe une réaction colorée proportionnelle à la concentration en cholestérol-LDL. La lecture s'effectue à 564 nm. (**kit Cypress diagnostic**).

### 2.4.6. Dosage des triglycérides :

Les triglycérides de l'échantillon sont hydrolysés en glycérol et en acides gras libre par des enzymes. Le glycérol libéré est d'abord phosphorylé par la glycérol kinase puis oxydé. Cette réaction libère une quantité égale de peroxyde d'hydrogène via la glycérol-3-phosphate oxydase.

Le peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  permet la formation d'une coloration. Un colorant dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration en triglycérides de l'échantillon (**Kit Cypress Diagnostic**).



## Matériel et méthodes

---

### **Analyse statistique des données**

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne  $\pm$  erreur standard. Après analyse de la variance, la comparaison des moyennes entre les différents lots de rats pour les différents paramètres. Les différences sont considérées significatives à  $P < 0,05$ . Une ANOVA 1 Post Hoc est réalisée sur Excel.

# **Résultats et interprétation**

## Résultats et interprétation

---

### 1. Analyse statistique des données

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne  $\pm$  erreur standard. Après analyse de la variance, la comparaison des moyennes entre les différents lots de rats pour les différents paramètres. Les différences sont considérées significatives à  $P < 0,05$ . Une ANOVA 1 Post Hoc est réalisée sur Excel.

### 2 Résultats du dosage de l'albumine :

Les rats diabétiques supplémentés en IPSc, présentent un taux d'albumine élevé comparé avec les rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience a montré que la supplémentation en IPSc chez les rats diabétiques induit une augmentation de l'albumine.

### 3 Résultats du dosage de la glycémie :

Comparés aux témoins, les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en protéines en lactosérum présentent une glycémie élevée.. Cependant la supplémentation en IPSc réduit la glycémie comparée avec les rats diabétiques sans aucune supplémentation.

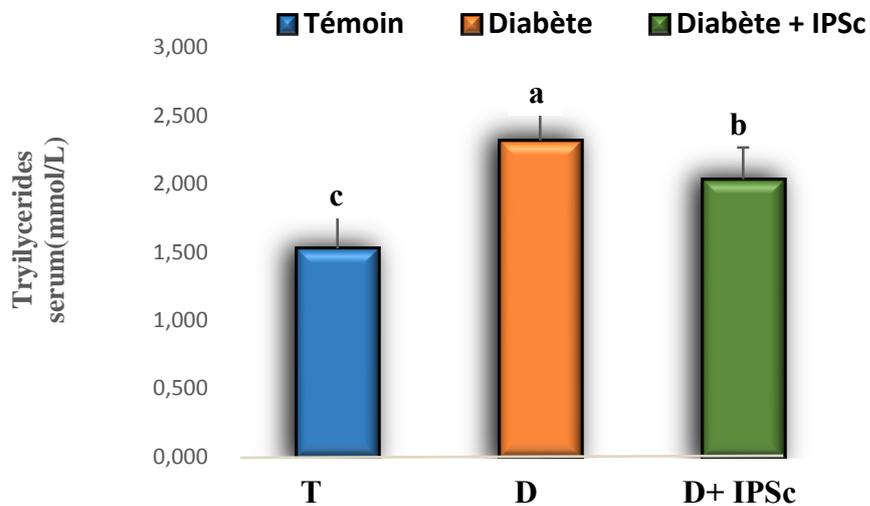
Le résultat de cette expérience a montré que la supplémentation en IPSc chez les rats diabétiques induit une diminution de glucose.

## Résultats et interprétation

**Tableau 2** : Variations des valeurs de glucose et de l'albumine plasmatique chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

	Témoins	Rats diabétiques	Rats diabétiques + IPSc
Glucose (mmol/L)	6,64 ± 1,03 c	14,58 ± 0,23 a	12,89 ± 0,11 b
Albumine (mmol/L)	2,85 ± 0,08 a	1,72 ± 0,43 b	2,84 ± 0,37 a

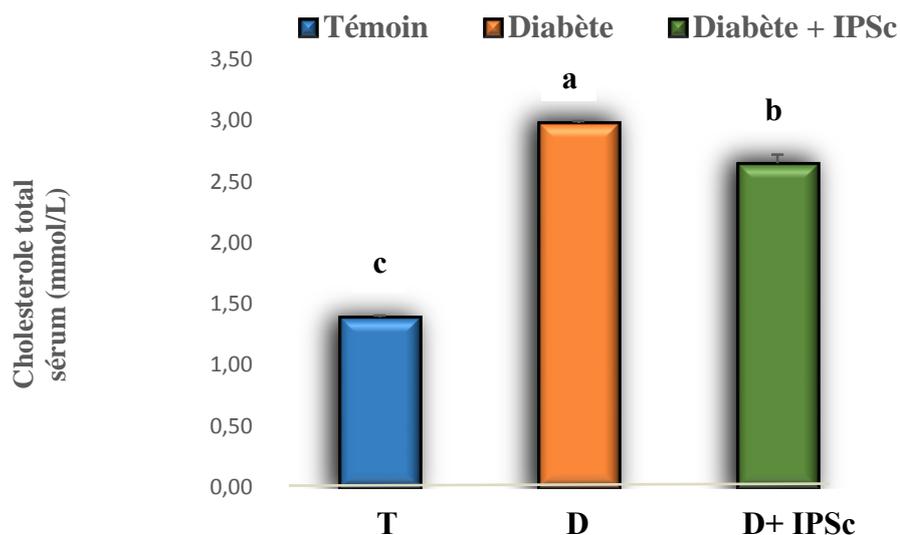
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .



**Figure 12** : Variations des valeurs des triglycérides (TG) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

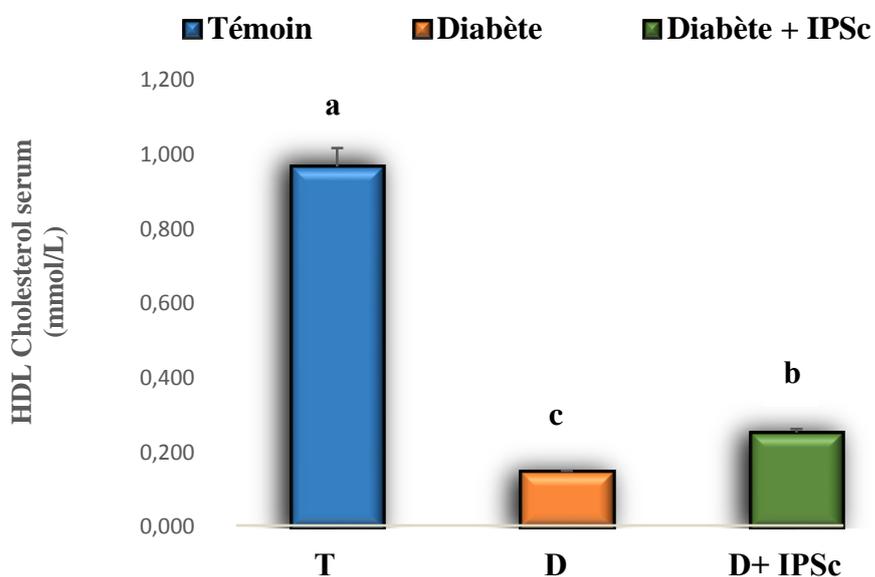
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .

## Résultats et interprétation



**Figure 13 :** Variations des valeurs des cholestérol total (CT) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

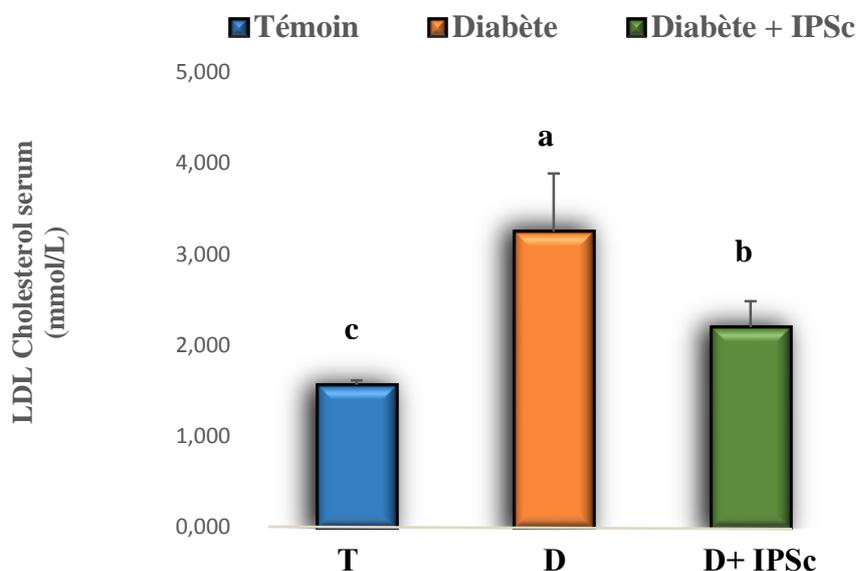
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .



**Figure 14 :** Variations des valeurs de HDL-C (cholestérol des lipoprotéines de haute densité) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

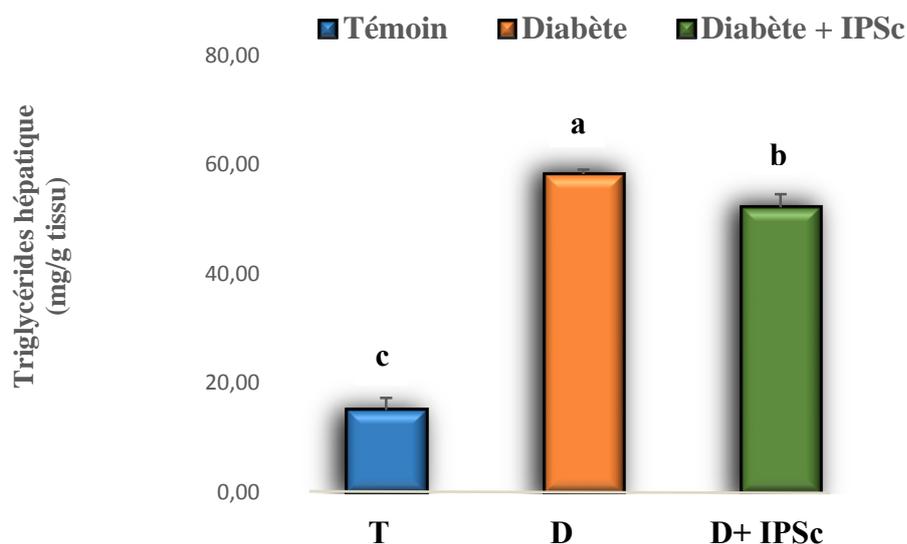
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .

## Résultats et interprétation



**Figure 15 :** Variations des valeurs de LDL-C (cholestérol des lipoprotéines de faible densité) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

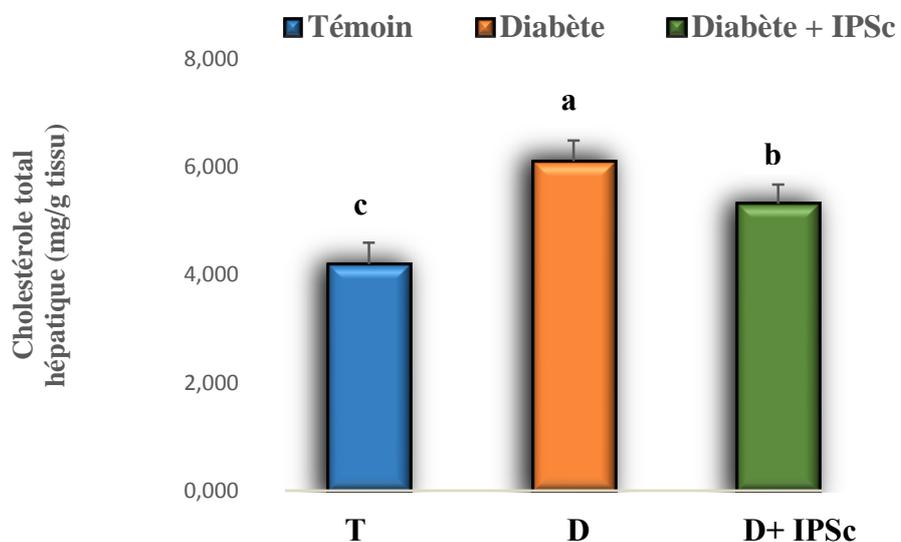
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .



**Figure 16 :** Variations des valeurs des triglycérides hépatiques (TG) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

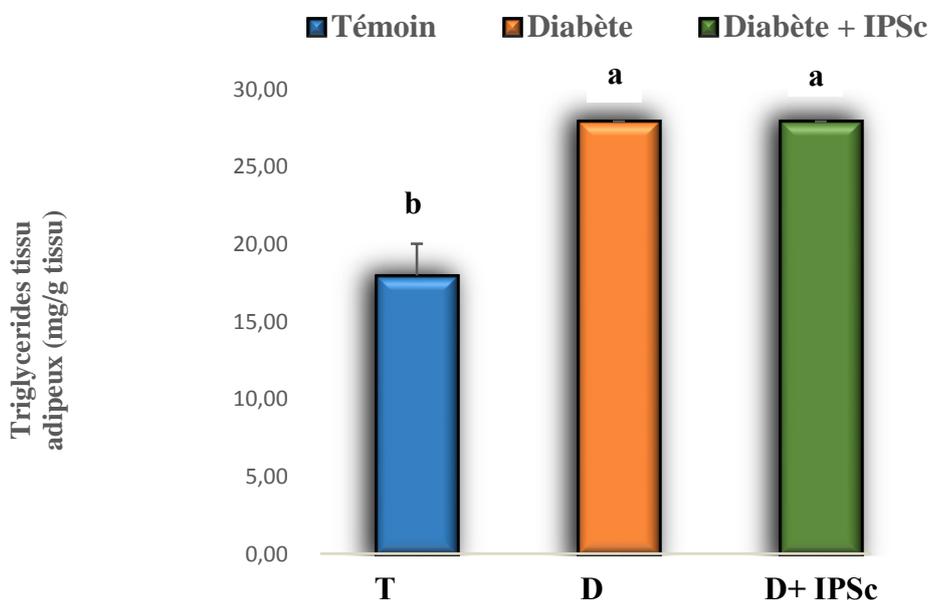
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .

## Résultats et interprétation



**Figure 17** : Variations des valeurs de cholestérol hépatique (CT) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

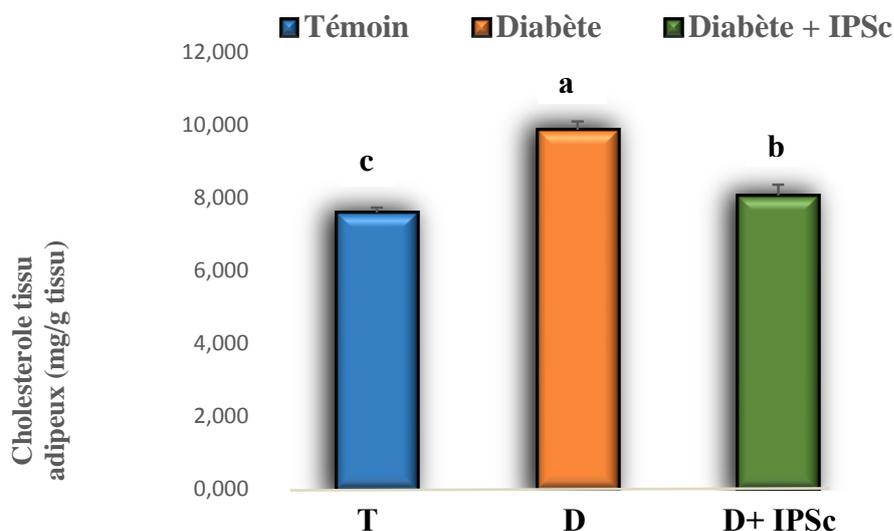
Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .



**Figure 18** : Variations des valeurs de triglycérides tissus adipeux (TA) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .

## Résultats et interprétation



**Figure 19** : Variations des valeurs de cholestérol total tissu adipeux (TA) chez les rats témoins, diabétiques et diabétiques supplémentés en IPSc.

Les différences sont considérées significatives à  $P < 0.05$ .

#### 4 Valeurs des lipides sériques ( triglycérides et cholestérol totale) :

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en IPSc, présentent des taux augmentés en cholestérol totale et triglycérides sériques. Cependant, le taux de triglycérides et cholestérol totale sont plus bas chez les rats diabétiques avec supplémentation en protéines par rapport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience montre que la supplémentation en isolats de protéines de lactosérum camelin chez les rats diabétiques induit une diminution de lipides sériques triglycérides et cholestérol totale.

#### 5 Valeurs des HDL cholestérol :

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en IPSc, présentent des taux bas en cholestérol des lipoprotéines de haute densité. Cependant le taux de cholestérol de haute densité est plus élevé chez les rats diabétiques avec supplémentation en protéines par rapport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

## Résultats et interprétation

---

Le résultat de cette expérience a exprimé que la supplémentation en isolats de protéines de lactosérum camelin chez les rats diabétiques induit une augmentation du bon cholestérol (HDL-cholestérol).

### **6 Valeurs des LDL cholestérol :**

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en protéines de lactosérum, présentent des taux élevés en cholestérol des lipoprotéines de faible densité. Cependant le taux de cholestérol de faible densité est plus bas chez les rats diabétiques avec supplémentation en protéines par rapport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience a exprimé que la supplémentation en isolats de protéines de lactosérum camelin chez les rats diabétiques induit une diminution du mauvais cholestérol (LDL-cholestérol).

### **7 Valeurs des lipides hépatiques (triglycérides hépatiques et cholestérol totale) :**

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en IPSc, présentent des taux augmentés en cholestérol totale du foie et triglycérides hépatiques. Cependant, le taux de triglycérides et cholestérol totale sont plus bas chez les rats diabétiques avec supplémentation en protéines par rapport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience montre que la supplémentation en IPSc induit une diminution de lipides hépatiques lors du diabète

### **8 Valeurs des triglycérides tissus adipeux :**

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en protéines de lactosérum, présentent des taux augmentés en triglycérides au niveau des tissus adipeux par rapport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience a exprimé que la supplémentation en IPSc chez les rats diabétiques n'induit aucune variation des triglycérides dans le tissu adipeux.

### **9 Valeurs de cholestérol total tissus adipeux :**

On remarque que les rats diabétiques et les rats diabétiques avec supplémentation en IPSc, présentent des taux augmentés en cholestérol total de tissus adipeux. Cependant, le taux de cholestérol total est plus bas chez les rats diabétiques avec supplémentation en protéines par apport aux rats diabétiques sans aucune supplémentation.

Le résultat de cette expérience montre que la supplémentation en IPSc induit une diminution de cholestérol total dans le tissu adipeux lors du diabète.

# Discussion

## Discussion

---

Le diabète est une maladie chronique grave, qui se déclare lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline, ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser correctement l'insuline qu'il produit. Les personnes atteintes de diabète sont plus exposées aux maladies cardiaques, aux accidents vasculaires cérébraux, à l'hypertension artérielle et à d'autres problèmes cardiovasculaires (**Raccah, 2004 ; Jacobson et al., 2013**).

Notre travail consiste à étudier l'impact des isolats des protéines sériques camelines sur le profil biochimique et lipidique des rats males WISTARS diabétiques. Les paramètres du bilan lipidique évalués dans cette recherche comprenaient le cholestérol total, le HDL-cholestérol, le LDL-cholestérol, ainsi que les triglycérides. Pour les paramètres du bilan biochimique albumine et glycémie ont été évalués.

Le but de ce travail étant de rechercher des changements favorables dans le profil lipidique et biochimique des rats diabétiques suite à l'action des isolats des protéines sériques camelines.

Dans cette étude, l'injection intra-péritonéale de la Streptozotocine a induit le diabète chez les rats, nous avons enregistré une augmentation du taux de la glycémie et diminution d'albumine chez les rats diabétiques par rapport à ceux non diabétiques.

Les résultats d'une étude ont révélé que la consommation régulière de LC entraînait une réduction significative de la glycémie à jeun et une diminution de 37 % de la dose moyenne d'insuline nécessaire (**Khalid et al. 2023**).

Des études réalisées sur des chiens pour évaluer l'effet de lait camelin diabétiques montrent une augmentation d'albumine (**Sboui et al. 2010**).

Concernant le profil lipidique, notre étude a révélé une augmentation significative du cholestérol total, les triglycérides sériques et hépatiques, et du LDL-cholestérol, avec une diminution du HDL-cholestérol chez le groupe diabétique lorsqu'il est comparé avec le groupe non diabétique. La supplémentation par les IPSc a diminué cholestérol total, les triglycérides sériques et hépatiques, et du LDL-cholestérol.

## Discussion

---

Les travaux de **Khalid et al. (2023)** ont montré que la consommation du lait camelin frais par les patients diabétiques a entraîné des réductions significatives de la CT, TG, du LDL-cholestérol avec une diminution de la synthèse du cholestérol et des triglycérides hépatiques tout en montrant une augmentation significative des niveaux de HDL. Il est probable que le lait de chamelle induit des changements favorables dans le profil lipidique des rats diabétiques grâce à un meilleur contrôle de la glycémie, et aussi par son action sur les voies métaboliques des lipides. Ainsi, le lait de chamelle cru pourrait alléger le risque des maladies cardiovasculaires (**Al-Numair, 2010**).

Sur le métabolisme lipidique l'insuline augmente l'absorption de triglycérides du sang dans le tissu adipeux et le muscle. Elle diminue le taux d'oxydation des acides gras dans les muscles et le foie. Aussi l'insuline diminue le taux de lipolyse dans le tissu adipeux et abaisse ainsi le taux d'acide gras plasmatique. De plus l'insuline augmente le taux de la lipogénèse en stimule la synthèse des acides gras et des triglycérides dans les tissus (**Dimitriadisa et al. 2001**).

Les changements du profil lipidique ont été analysés chez des rats diabétiques induits par STZ. Les résultats ont indiqué que les niveaux de TC, de TG dans les tissus adipeux étaient plus élevés chez les rats diabétiques. A l'inverse ces niveaux étaient significativement réduits dans le groupe de rats nourris au lait de chamelle (**Khan, 2013**).

La consommation du lait camelin dans le cadre de repas réguliers pourrait constituer une thérapie adjuvante utile pour les patients atteints de diabète. Cela pourrait réduire les coûts de traitement pour les patients atteints de diabète caractérisés par une dyslipidémie et contribuer à réduire le besoin de médicaments hypolipémiants, ce qui entraînerait moins d'effets secondaires potentiels à long terme (**Khalid et al. 2023**).

# Conclusion

## Conclusion

---

Sur le plan nutritionnel, les protéines sériques camelines sont connues pour leur composition unique en acides aminés. Ces protéines peuvent également contenir des peptides bioactifs avec de potentielles propriétés bénéfiques pour la santé. Dans ce travail, les protéines du lactosérum camelin ont montré des effets bénéfiques sur les paramètres biochimiques en général mais aussi sur le profil lipidique en particulier au cours du diabète.

Parmi ces effets bénéfiques observé chez les rats diabétiques supplémentés en IPSc :

- une augmentation du taux d'albumine ;
- une diminution de la glycémie ;
- une diminution des triglycérides sériques et hépatiques ;
- une diminution du cholestérol sérique, hépatiques et du tissu adipeux ;
- une diminution du mauvais cholestérol (LDL-cholestérol);
- et une augmentation du bon cholestérol (HDL-cholestérol).

À l'issue de cette expérimentation, il est clair que les protéines de lactosérum cameline ont des effets bénéfiques remarquables sur les paramètres biochimiques et du profil lipidique au cours du diabète.

# **Références**

## **bibliographiques**

## Référence bibliographiques

---

- Aïssa, B. (1989).** Le dromadaire en Algérie. *Options méditerranéennes*, 2, 19-28.
- Al Kanhal, H. A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*, 20(12), 811-821.
- Alberti, K. G. M. M., & Zimmet, P. Z. (1998).** Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabetic medicine*, 15(7), 539-553.
- Al-Numair, KS (2010).** Rats diabétiques de type II et effet hypolipidémiant du lait de chamelle. *Journal de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement*, 8 (2), 77-81.
- Ardigo, S., & Philippe, J. (2008).** Hypoglycémie et diabète. *Rev Med Suisse*, 4, 1376-82.
- Atarhouch, T., Bendahman, N., Hamers-Casterman, C., Hamers, R. et Muyldermans, S. (1997).** Séquence d'ADNc codant pour la région constante de l'anticorps à chaîne lourde  $\gamma 3$  de dromadaire.
- Babiker, W. I., & El-Zubeir, I. E. (2014).** Impact of husbandry, stages of lactation and parity number on milk yield and chemical composition of dromedary camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 333-341.
- BEG O. U., BAHR-LINDSTROM H. V., ZAIDI Z. H. et JORNVALL H. (1985).** The primary structure of  $\alpha$ -lactalbumine from camel milk. *European Journal of Biochemistry*, 147, 233-239
- Crozet, C., & d'Ivernois, J. F. (2010).** L'apprentissage de la perception des symptômes fins par des patients diabétiques: compétence utile pour la gestion de leur maladie. *Recherches & éducatives*, (3), 197-219.
- Dali-Sahi, M., Benmansour, D., Aouar, A., & Karam, N. (2012).** Type 2 dans des populations endogames de l'ouest algérien. *Leban Sci J*, 13(2), 17.
- Deshpande, A. D., Harris-Hayes, M., & Schootman, M. (2008).** Epidemiology of diabetes and diabetes-related complications. *Physical therapy*, 88(11), 1254-1264.
- Deshpande, A. D., Harris-Hayes, M., & Schootman, M. (2008).** Epidemiology of diabetes and diabetes-related complications. *Physical therapy*, 88(11), 1254-1264.
- Dimitriadis G, Newsholme E.A. (2001).** Integration of biochemical and physiologic effects of insulin on glucose metabolism. *E. A. Newsholme1, G. Dimitriadis2 Clin Endocrinol Diabetes* 2001; 109(Suppl 2): S122-S134

## Référence bibliographiques

---

- Eddouks, M., Ouahidi, M. L., Farid, O., Moufid, A., Khalidi, A., & Lemhadri, A. (2007).** L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytothérapie*, 5(4), 194-203
- Elagamy, E. I. (2000).** Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cows' and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68(2), 227-232.
- El-Agamy, E. I., Nawar, M., Shamsia, S. M., Awad, S., & Haenlein, G. F. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children?. *Small Ruminant Research*, 82(1), 1-6.
- Elagamy, EI, Ruppanner, R., Ismail, A., Champagne, CP et Assaf, R. (1996).** Purification et caractérisation de la lactoferrine, de la lactopéroxydase, du lysozyme et des immunoglobulines du lait de chamelle. *Revue laitière internationale*, 6 (2), 129-145.
- Fennoun, H., El Aziz, S., Mjabber, A., & Chadli, A. (2018, September).** Association hypertension artérielle et diabète: à propos de 385 cas (résultats préliminaires). In *Annales d'Endocrinologie* (Vol. 79, No. 4, p. 514). Elsevier Masson.
- Fery, F., & Paquot, N. (2005).** Etiopathogénie et physiopathologie du diabète de type 2. *Revue Médicale de Liège*, 60(5-6).
- Fougere, É. (2021).** Alimentation et diabète. *Actualités Pharmaceutiques*, 60(602), 57-58.
- Fougere, É. (2021).** Alimentation et diabète. *Actualités Pharmaceutiques*, 60(602), 57-58.
- Gruyer, B., & Vergès, B. (2020).** Association tabac et diabète de type 2: preuves et mécanismes physiopathologiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 14(2), 148-151.
- Holt, R. I., & Flyvbjerg, A. (Eds.). (2024).** Textbook of diabetes. John Wiley & Sons.P04-03.
- Hülsebush, C. (1999).** Immunoglobulin G status of camels during 6 months postpartum. Hohenheim. *Tropical Agriculture Series (éd.), Verlag publ., Weikersheim, Allemagne.*
- Jacobson, A. M., Braffett, B. H., Cleary, P. A., Gubitosi-Klug, R. A., Larkin, M. E., & DCCT/EDIC Research Group. (2013).** the long-term effects of type 1 diabetes treatment and complications on health-related quality of life. *Diabetes care*, 36(10), 3131-3138.
- Jaffiol, C. (2008).** Lait et produits laitiers dans la prévention et le traitement des maladies de pléthore. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 192(4), 749-758.
- James, R. W. (2002).** Particularité de la dyslipidémie du diabète. *Médecine et hygiène*, 545-552.
- Kappeler, Napolitano L., Liberatori J, 2003.** Identification et caractérisation de caséine de lait de chamelle de Somalie (*Camelus dromedarius*). *Milchwissenschaft*.

## Référence bibliographiques

---

- Khalid, N., Abdelrahim, D. N., Hanach, N., AlKurd, R., Khan, M., Mahrous, L., ... & Faris, M. (2023).** Effect of camel milk on lipid profile among patients with diabetes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression of randomized controlled trials. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 438.
- Khan, A. A., Alzohairy, M. A., & Mohieldein, A. H. (2013).** Antidiabetic effects of camel milk in streptozotocin-induced diabetic rats.
- KELLY, G.S. (2003).** Bovine colostrums: a review of clinical uses. *Alternative Medicine Review*, 8(4), 378-394
- Lachebi, S. et Yelles, F. (2018).** Valorisation du lactosérum par technique membranaire. *Revue algérienne des sciences et technologies de l'environnement*, 4 (3).
- Lajnaf, R., Picart-Palmade, L., Attia, H., Marchesseau, S. et Ayadi, MA (2022).** Propriétés moussantes et interfaciales air-eau des protéines du lait de chamelle par rapport aux protéines du lait bovin. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 126, 107470.
- Loiseau, G., Faye, B., Serikbaeva, A., & Montet, D. (2001).** Enzymes ability to serve as markers of pasteurized camel milk.
- Magis, D., Geronooz, I., & Scheen, A. (2002).** Tabagisme, insulinoresistance et diabete de type 2. *Revue Médicale de Liège*, 57(9).
- Mondiale de la Santé, O. (2016).** Rapport mondial sur le diabète.
- Orban, J. C., & Ichai, C. (2011).** Complications métaboliques aiguës du diabète. In *Désordres métaboliques et réanimation* (pp. 347-360). Springer, Paris.
- Papademas, P., & Kotsaki, P. (2019).** Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *J. Adv. Dairy Res*, 7(4), 231.
- PERMYAKOV E. A. et BERLINER L. J. (2000).**  $\alpha$ -Lactalbumin: Structure and function. *fEBS Letters*, 473, 269-274.
- Pirson, N., Maiter, D., & Alexopoulou, O. (2016).** Prise en charge du diabète gestationnel en 2016: une revue de la littérature. *Endocrinol Nutr*, 135(10), 661-668.
- Raccah, D. (2004).** Epidémiologie et physiopathologie des complications dégénératives du diabète sucré. *EMC-Endocrinologie*, 1(1), 29-42.
- Raghvendar, S., Shukla, S. K., Sahani, M. S., & Bhakat, C. (2004, November).** Chemical and physicochemical properties of camel milk at different stages of lactation. In *International Conference, Saving the Camel and peoples Livelihoods, Sadri, Rajasthan, India* (p. 37).

## Référence bibliographiques

---

- Rigalleau, V., Lang, J., & Gin, H. (2007).** Étiologie et physiopathologie du diabète de type 2. *Endocrinologie-Nutrition*, 10, 10-366.
- Rorive, M., Letiexhe, M., Scheen, A., & Ziegler, O. (2005).** Obésité et diabète de type 2. *Revue médicale de Liège*, 60(5-6).
- Sabumukama, C. (1997).** *Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle* (Doctoral dissertation, CIRAD-SAR).
- Sakandar, H. A., Ahmad, S., Perveen, R., Aslam, H. K. W., Shakeel, A., Sadiq, F. A., & Imran, M. (2018).** Camel milk and its allied health claims: A review. *Progress in Nutrition*, 20(Supplement 1), 15-29.
- SALAMI M., YOUSEFI R., EHSANI M. R., RAZAVI S. H., DALGALARRONDO M. et CHOBERT J.M. (2008).** Kinetic characterization of hydrolysis of camel and bovine milk proteins by pancreatic enzymes. *International Dairy Journal*, 18, 1097-1102.
- Sboui, A., Djegham, M., Belhadj, O., & Khorchani, T. (2016).** Le lait de chamelle: qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie. *Options Méditerranéennes*, A, 115, 487-492.
- Sboui, A., Djegham, M., Khorchani, T., Hammadi, M., Barhoumi, K., & Belhadj, O. (2010).** Effect of camel milk on blood glucose, cholesterol and total proteins variations in alloxan-induced diabetic dogs. *International Journal of Diabetes and Metabolism*, 18(1), 5-11.
- Sboui, A., Khorchani, T., Djegham, M., & Belhadj, O. (2009).** Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique science: revue internationale des sciences et technologie*, 5(2).
- SHABO Y. et YAGIL R. (2005).** Etiology of autism and camel milk as therapy. *International journal on Disability and Human Development*, 4(2), 67-70.
- Shuiep, E. S., El Zubeir, I. E. M., El Owni, O. A. O., & Musa, H. H. (2008).** Influence of season and management on composition of raw camel (*Camelus dromedarius*) milk in Khartoum state, Sudan. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 8(1), 101-106.
- Siboukeur O.K. (2007):** Etude du lait camelin collecté localement: caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques université INA El-Harrach-Alger.
- Singh, R., Mal, G., Kumar, D., Patil, N. V., & Pathak, K. M. L. (2017).** Camel milk: an important natural adjuvant. *Agricultural research*, 6, 327-340.
- Souilem O. et Barhoumi K., 2009.** Particularités physiologiques du dromadaire (*Camelus Dromedarius*) et implications expérimentales. *Scand. J. Lab. Anim. Sci.*

## Référence bibliographiques

---

**Spinas, G. A., & Lehmann, R. (2001, May).** Diabète sucré: Diagnostic, classification et pathogénèse. In *Forum Med Suisse* (Vol. 20, pp. 519-525).

**Sumaira, A. M. S., Solangi, G. A., Anwar, I., & Kalwar, Q. (2020).** Composition and beneficial impact of camel milk on human health. *Punjab. Univ. J. Zool*, 35, 179-189.

**Tanguy, B., & Aboyans, V. (2014).** Dyslipidémie et diabète. *Revue Générale Métabolisme*, 37-41.

**Vagge, A., Senni, C., Bernabei, F., Pellegrini, M., Scordia, V., Traverso, CE et Giannaccare, G. (2020).** Effets thérapeutiques de la lactoferrine dans les maladies oculaires : de la sécheresse oculaire aux infections. *Revue internationale des sciences moléculaires*, 21 (18), 6668.

**Yadav, A. K., Kumar, R., Priyadarshini, L., & Singh, J. (2015).** Composition and medicinal properties of camel milk: A Review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 34(2), 83-91.

**Zagorski, OLGA, Maman, ARIEL, Yaffe, A., Meisler, A., Van Creveld, CLARA et Yagil, REUVEN (1998).** Insuline dans le lait - une étude comparative. *Revue internationale des sciences animales*, 13, 241-244.

## Résumé:

Le lactosérum camelin est un produit dérivé du lait de chamelle. Les protéines du lactosérum camelin sont particulièrement intéressantes en raison de leur composition unique en acides aminés. Ces protéines peuvent également contenir des peptides bioactifs bénéfiques pour la santé. Notre de travail a pour objectif d'étudier l'impact des protéines du lait camelin sur le profil lipidique au cours du diabète sur trois lots des rats mâles de type Wistar (lot témoin, lot diabétique et lot diabétique avec une supplémentation des isolats de protéines du lactosérum camelin). Des paramètres sanguins sont évalués : albumine glucose, cholestérol total, HDL-C, LDL-C et les triglycérides. Dans le tissu hépatique et adipeux le cholestérol et les triglycérides sont aussi évalués. Les résultats de cette expérience ont montré que la supplémentation en isolats de protéines du lactosérum camelin chez les rats diabétiques améliore les perturbations métaboliques induites par le diabète. Parmi ces modifications : la diminution de glycémie, une diminution du cholestérol sérique, hépatique, et du tissus adipeux, une diminution de triglycérides sérique et hépatiques. À l'issue de cette expérimentation, il est clair que les protéines de lactosérum camelin ont des effets bénéfiques remarquables sur les paramètres biochimiques et le profil lipidique au cours du diabète.

**Mot clés :** Diabète, lactosérum camelin, protéines, composés bioactifs, dyslipidémie.

## Abstract :

Camel whey is a product derived from camel milk. Camel whey proteins are particularly interesting because of their unique amino acid composition. These proteins may also contain bioactive peptides, that can have beneficial properties on health. Our work aims to study the impact of camel milk proteins on lipid profile parameters during diabetes on three groups of male Wista rats (group control, group diabetic, group diabetic with supplementation of camel whey proteins isolates). Blood parameters are evaluated: albumin, glucose, total cholesterol, triglyceride, HDL-C, LDL-C. In liver and adipose tissue, cholesterol and triglycerides are also tested. The results of this experiment showed that supplementation with camel whey protein isolates in diabetic rats improved a metabolic perturbation induced by diabetes. These changes included: a reduction in glucose, a decrease of cholesterol in serum, liver and adipose tissue, a decrease of triglycerides in serum and liver. At the end of this experiment, it's clear that camel whey proteins have remarkable beneficial effects on biochemical parameters and lipid profile during diabete.

**Key words :** Diabetes, camel whey, proteins, bioactive compounds, dyslipidemia.

## ملخص

مصل لبن الإبل هو منتج مشتق من حليب الإبل. بروتينات مصّل لبن الإبل مثيرة للاهتمام بشكل خاص بسبب تركيبها الفريدة من الأحماض الأمينية. وقد تحتوي هذه البروتينات أيضًا على ببتيدات نشطة بيولوجيًا وفوائد صحية محتملة. الهدف من عملنا هو دراسة تأثير بروتينات مصّل الإبل على مستوى الدهون أثناء الإصابة بمرض السكري في ثلاث مجموعات من ذكور فئران ويستار ( المجموعة المرجع، مجموعة مرضى السكري، مجموعة مرضى السكري مع مكملات بروتين مصّل اللبن). تم تقييم معايير الدم : الألبومين، الجلوكوز ، الكوليسترول الكلي، الكوليسترول HDL ، والكوليسترول LDL، والدهون الثلاثية. كما تم تقييم الكوليسترول والدهون الثلاثية في الكبد والأنسجة الدهنية. أظهرت نتائج هذه التجربة أن مكملات بروتين مصّل اللبن المعزول من الإبل في الفئران المصابة بداء السكري قد حسنت من التغيرات الأيضية التي يسببها مرض السكري. وشملت هذه التغيرات انخفاضًا في نسبة السكر في الدم، وانخفاضًا في الألبومين و كوليسترول المصل والكبد والأنسجة الدهنية، وانخفاضًا في الدهون الثلاثية في المصل والكبد. في نهاية هذه التجربة، من الواضح أن بروتينات مصّل اللبن الإبل لها تأثيرات مفيدة ملحوظة على المعايير الكيميائية الحيوية والدهون أثناء مرض السكري.

**الكلمات المفتاحية:** مصّل لبن الإبل ، بروتينات، عسر شحميات الدم، المركبات النشطة بيولوجيا.